ISSN 1880-0890

農研機構
NARO 独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構

平成２５年度

試 験 研 究 成 績

２５－１　　農業機械の安全性に関する研究（第 34 報）

平成２６年６月

独立行政法人　農業・食品産業技術総合研究機構
生物系特定産業技術研究支援センター
農　業　機　械　化　研　究　所

まえがき

農林水産省の調査によると平成 24 年の農作業死亡事故件数は 350 件であり、３年連続の減少続きで平成２年以降では最少となった。しかし、就農者人口の減少や就農者の高齢化を考えると、決して楽観視できるものではなく、状況は変わっていないものと捉え、農作業安全確立に向けた取り組みに邁進する必要がある。今後も行政、教育、啓発、普及、研究・開発等の関係機関の一層の奮起が期待されるとともに、関係機関の一層緊密な連携により、現状を打開し、安心・安全な農作業環境を実現することが強く求められている。

生物系特定産業技術研究支援センター基礎技術研究部安全人間工学研究ならびに特別研究チーム（安全）では、これまで農業機械の安全性・快適性の向上や健康障害防止に向けたハードウェアおよびソフトウェアの開発研究を行ってきた。今後も積極的に関係機関と連携し、開発研究の成果を広く発信するとともに、寄せられた情報を開発研究にフィードバックして、安心・安全な農作業環境の実現に寄与できる技術・装置等を世に送り出す所存である。

平成 25 年度は、次の４つの研究課題に取り組んだ。１課題目は、昨年度終了した「巻き込まれ事故防止のための作業者判別技術の開発」をステップアップした「自脱コンバインにおける巻き込まれ事故の未然防止技術の開発」である。本課題は、作業者の危険部位への接近を感知する手法の実用性を高めるため、自脱コンバインに搭載しての検討を行う。

２課題目は、「農業機械等による事故の詳細調査・分析手法の研究」である。本課題は、調査分析対象とした乗用トラクタと刈払機の事故に加え、その他の農業機械や家畜による事故への適応性について可能性を確認するとともに、協力先の道県との意見交換等により、詳細調査・分析手法を運用・展開するにあたっての課題を整理した。本課題は今年度で一旦終了とし、来年度から対象機種を拡大するとともに、継続して詳細調査分析を行う新規課題を立ち上げる予定である。

３課題目は、「乗用型トラクターの片ブレーキ防止装置の開発」である。トラクタの転落転倒事故の原因のひとつとして片ブレーキの誤操作が挙げられており、本課題ではその誤操作を防ぐ装置の開発を緊プロ課題として国内のトラクタ製造業者５社と取り組み、最終年度を迎えるにあたり、実用化段階に至った。

４課題目は、「自脱コンバインの手こぎ部の緊急即時停止装置の開発」である。手こぎ作業時の巻き込まれ重傷事故を減らすため、緊プロ課題としてコンバイン製造業者４社と当該装置の実用化を目指して取り組み、こちらも最終年度を迎えて実用化段階に至った。

当研究単位では、研究途上であっても成果の一端を公開することによって農業機械メーカや作業技術研究者等に有効利用されるよう速報としてとりまとめている。この取り組みも昭和 51 年度以降、今回で第 34 報になる。この成績書がさらなる農業機械・農作業の安全性・快適性向上の一助となれば幸いである。

なお、研究の実施にあたっては、多くの方々の協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表する。

平成 26 年６月

独立行政法人　農業・食品産業技術総合研究機構
生物系特定産業技術研究支援センター
基礎技術研究部安全人間工学研究
特別研究チーム（安全）

農業機械の安全性に関する研究（第３４報）

目　　次

まえがき

１．自脱コンバインにおける巻き込まれ事故の未然防止技術の開発　・・・・・・・・・ 1

２．農業機械等による事故の詳細調査・分析手法の研究　・・・・・・・・・・・・・・ 7

３．乗用型トラクターの片ブレーキ防止装置の開発　・・・・・・・・・・・・・・・・ 15

４．自脱コンバインの手こぎ部の緊急即時停止装置の開発　・・・・・・・・・・・・・27

１．自脱コンバインにおける巻き込まれ事故の未然防止技術の開発

基礎技術研究部　安全人間工学研究
岡田俊輔、志藤博克、積　栄

［適用］自脱コンバインは、手こぎ作業中に手や指が脱穀部に巻き込まれ、重傷に至る事故が多い。そこで、生研センターで開発した磁気センサと磁性体を用いた作業者判別技術を適用し、手こぎ作業時の巻き込まれ事故を未然に防止する技術を開発する。今年度は、磁気センサである磁心コイル（MCC）や磁気-インピーダンスセンサ（MIS）を自脱コンバインに取り付け、振動や周囲の金属部品の動作等による不要な出力電圧の大きさを把握し、対策を検討した。また、検出用の磁性体が通過した場合の出力電圧の大きさを把握し、閾値を決定した。これらを踏まえ、検出用手袋の仕様を決定し、試作した。

１．目　的

巻き込まれ事故を防止するため、一般的には物理的な隔離やセンサによる可動部停止といった対策が施されるが、農業機械ではこれら既往の技術を適用することが困難な場合があり、その代表例として自脱コンバインの手こぎ作業が挙げられる。この対策として、脱穀部に非常停止ボタンが装着されており、一定の事故軽減効果が認められるものの、操作の遅れ等によって、完全に事故を防止することはできない。また、過去の調査によると、７割の農家が手こぎ作業は今後も必要と回答しており、今後も事故防止に取り組む必要がある。生研センターでは、昨年度までの先行課題「巻き込まれ事故防止のための作業者判別技術の開発」において、磁気センサを利用し、磁性体を付加した手袋等を検出することで、供給中の作物等と作業者の手などを非接触で判別しうる可能性を見い出した。また、農業機械等緊急開発事業の課題で、緊急停止ボタンの操作により、フィードチェーンが即時停止し、こぎ胴カバーあるいは挟やく桿が開放する装置を開発した。そこで、この作業者判別技術および即時停止装置の技術を用いて、自脱コンバインにおける手こぎ作業時の巻き込まれ事故を未然に防止する技術を開発する。

今年度は、磁気センサである磁心コイル（MCC）や磁気-インピーダンスセンサ（MIS）を自脱コンバインに取り付け、振動や周囲の金属部品の動作等による不要な出力電圧の大きさ（=ノイズ）を把握し、対策を検討する。また、検出用の磁性体が通過した場合の出力電圧の大きさ（=シグナル）を把握し、閾値を決定する。これらを踏まえ、検出用手袋の仕様を決定し、試作する。

２．方　法

１）自脱コンバインにMCCとMISを取付けた時のノイズを測定した。磁気センサの仕様や取付位置は、先行課題で用いた自脱コンバインを模した基礎試験装置による知見により決定した（平成24年度試験研究成績を参照）。MCCについては、フィードチェーン側面に市販耐切創手袋の鉄チェーンを30㎜程度検出可能と推定されたMCC（芯径φ12㎜、芯長18㎜、コイル巻数49200巻、コイル外径48㎜）を、挟やく桿上側に70ｍｍ程度検出可能と推定されたMCC（芯径φ24㎜、芯長18㎜、コイル巻数32800巻、コイル外径48㎜）を合計２個取り付けた。MCC相互の距離は、挟やく桿が最も開いたときに干渉しないよう100㎜とした。MISについても過去の知見から、試作した磁石粉を塗布した手袋を150㎜程度まで検出可能と推定された配置で（磁気シールドで覆った広帯域センサ）、挟やく桿上側に１つ設置した。

２）MCC、MISのノイズ低減方法について検討し、その効果を検討した。

３）MCC、MISの検出対象となる磁性体について検討・試作し、その試作磁性体を供試して、磁気センサ-磁性体間距離と得られるシグナルの関係を先行課題と同様に測定した。

4）検出対象となる磁性体の手袋への付加方法について検討し、試作した。

３．結果の概要

1）MCC のノイズは、基礎試験装置に取付けた時に比べて、挟やく桿の上側で 13 倍、フィードチェーン（フィードチェーン）側面で 12 倍となった。この理由として、振動によって２つの MCC 間の距離が変動し、出力信号に影響を及ぼし合うことが考えられ、これまで検出対象としていた市販耐切創手袋に貼付されている鉄チェーンの検出は困難であった。また、金属部品であるフィードチェーンの移動によるノイズの大きさにはチェーン形状に従い、外リンク通過時は、内リンク通過時よりもノイズが大きく、チェーンピッチの２倍周期でノイズが変動する傾向が見られた。

MIS は、フィードチェーンの残留磁場変動による比較的低周波のノイズに加え、振動によるノイズが重なり、基礎試験装置装着時に比べて 1.3 倍程度のノイズ増加となった。MCC よりもの大きさにノイズ増加が少ないのは、MCC と異なりセンサが磁場を持たないためと考えられた。

2）MCC は、これまで大型化による感度向上を図っていたが、振動によってノイズが大きくなることや、機体への取付が困難となる恐れがあった。従って、鉄チェーンより検出しやすい磁性体を手袋に付加し、磁束密度が低い小型の MCC（芯径φ12 ㎜、芯長 9 ㎜、コイル巻数 8200 巻、コイル外径 24 ㎜）を用いることとした。その結果、自脱コンバイン取付時のノイズは基礎試験装置に取付けた時に比べ、挟やく桿上側で約７倍、フィードチェーン側面でほぼ同等と振動の影響が小さくなった。

しかしながら、この方策のみではノイズ低減が不十分であるため、さらなる対策を検討した。そこで、フィードチェーン側面については、フィードチェーンの形状に従ってノイズを打ち消すように、チェーンピッチの２倍の距離となる 66 ㎜の距離で MCC を２個配置した。反面、オフセットリンク通過時は、２個の MCC によりノイズが増幅されるため、オフセットリンクを排し、割りピン取付け部分を MCC の逆側となる機体内側に配置した（図１）。挟やく桿上側も同様に、フィードチェーン形状に合わせて 66㎜ の距離に MCC を２個配置し、合計４個取り付けた（図２）。その結果、基礎試験装置に取付けた時に比べて、ノイズは、挟やく桿の上側で約３倍（実機取付時に比べ約 0.5 倍)、フィードチェーン側面で約 0.4 倍（実機取付時に比べ約 0.4 倍）となった（図３）。

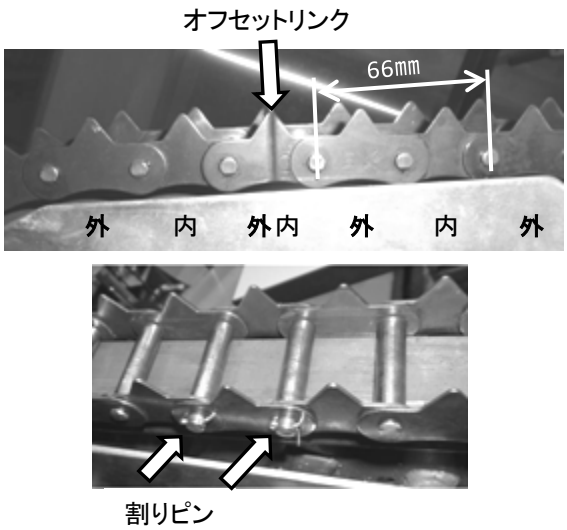


図１　フィードチェーン形状（上）や割りピン（下）の様子

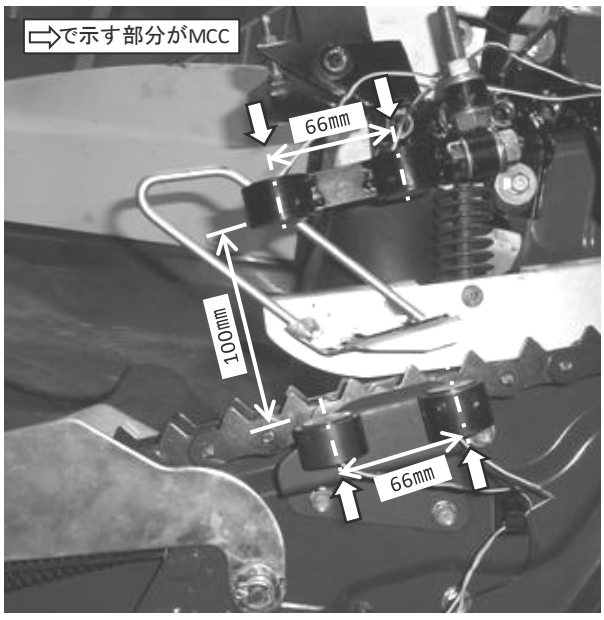


図２　MCC の設置状況

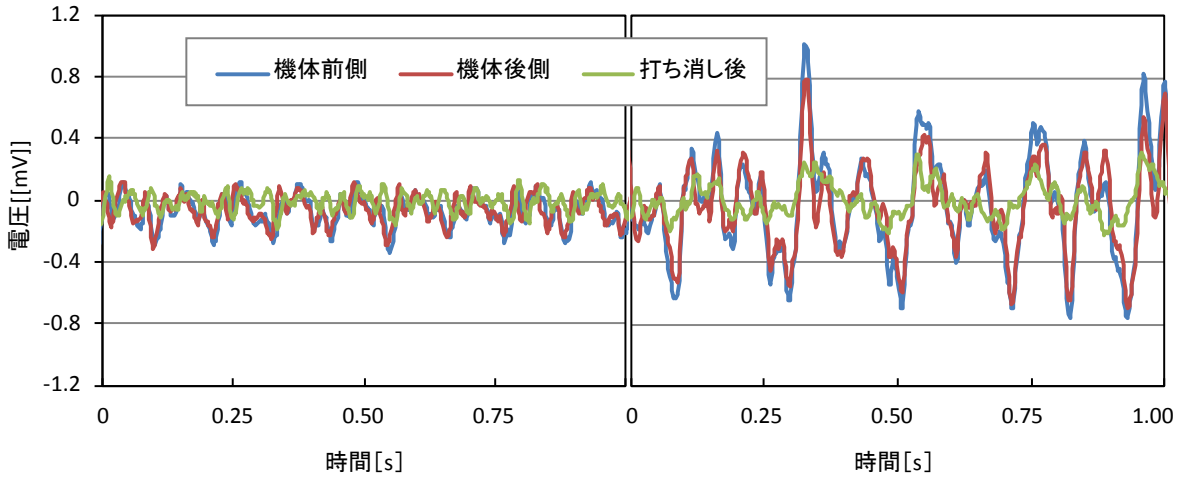
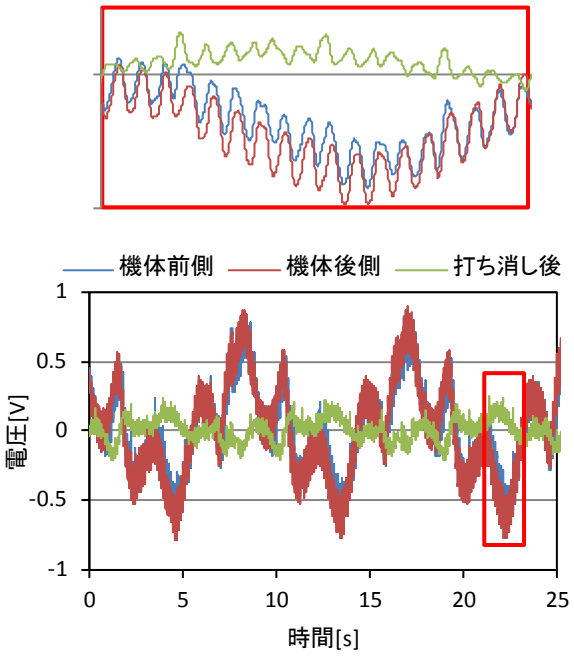


図３　MCC におけるノイズの波形例と打ち消し効果
（左：挟やく桿上側、右：フィードチェーン側面）

MIS については、互いの振動によるノイズを打ち消すため、２個の MIS を用いてノイズを打ち消した（図４）ところ、ノイズは約 0.4 倍実機取付時に比べ約 0.3 倍）に低減した（図５）。当初は振動による比較的高周波なノイズに対する低減効果を期待していたが、それだけでなく、フィードチェーンの残留磁束密度によるノイズにも一定のノイズ低減効果がみられるのは、MIS 間距離を比較的近く配置したのに対し、残留磁束密度によるノイズが低周波で変動するためと考えられた。

図４　MIS の設置状況



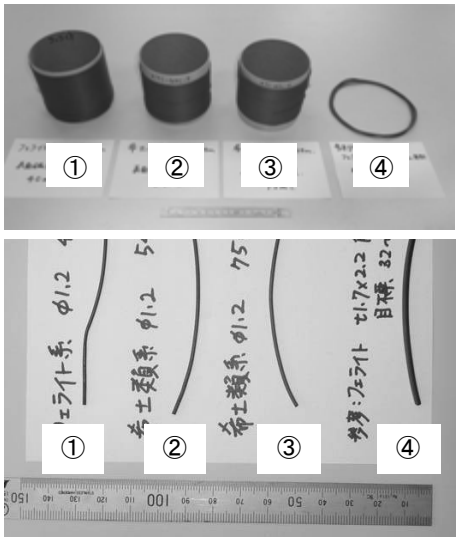
※フィードチェーンは約 10 秒で１周する。

図５　MIS におけるノイズの波形例と打ち消し効果
（上は下の赤枠部分を拡大した波形）

3）MCC の検出性能向上のため、MIS と同様に鉄チェーンよりも検出が容易である磁石を手袋に付加することとした。また、昨年度試作した磁石粉を塗布した検出用手袋は、安定的な着磁方法が確立されていなかったため、より安定的に着磁可能なひも状のプラスチック磁石を検出対象として用いることとした。この磁石の表面磁束密度が、フィードチェーンの表面磁束密度の 10 倍以上となるよう調整したものを４種類試作した（表、図６）。その結果、MCC のシグナルは図７のようになった。なお、表面磁束密度が最も低いフェライト-角のシグナルが最も大きいのは、線径の太さに起因していると考えられた。仮に、フィライトを検出可能な閾値として S/N 比を２倍とした場合、フェライト-角を２本用いることで、挟やく桿上側は下方に 55 ㎜程度、フィードチェーン側面は上方に 45 ㎜程度まで検出可能となり、両 MCC を合わせると 100㎜ 程度まで検出できる見通しが得られた（図７）。また、MIS については、フェライト-角１本で 150 ㎜程度まで検出可能と考えられた（図８）。

表　試作したプラスチック磁石の諸元

	名称	磁石種類	断面形状	寸法	表面磁束密度
①	フェライト-丸	フェライト	円形	φ1.1～1.2㎜	40mT
②	希土類A-丸	希土類系	円形	φ1.3～1.5㎜	54mT
③	希土類B-丸	希土類系	円形	φ1.5～1.7㎜	75mT
④	フェライト-角	フェライト	角形	1.7×2.2㎜	35mT



※　図中の番号は表に対応している

図６　試作したプラスチック

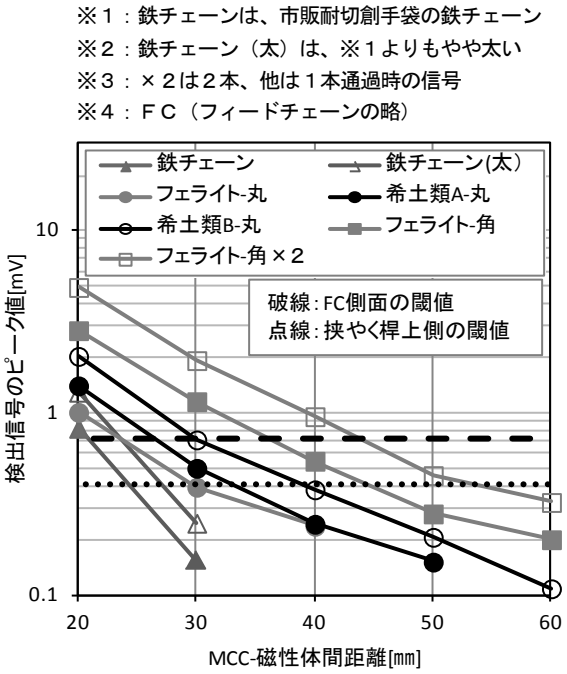


図７　MCC のシグナルと距離との関係

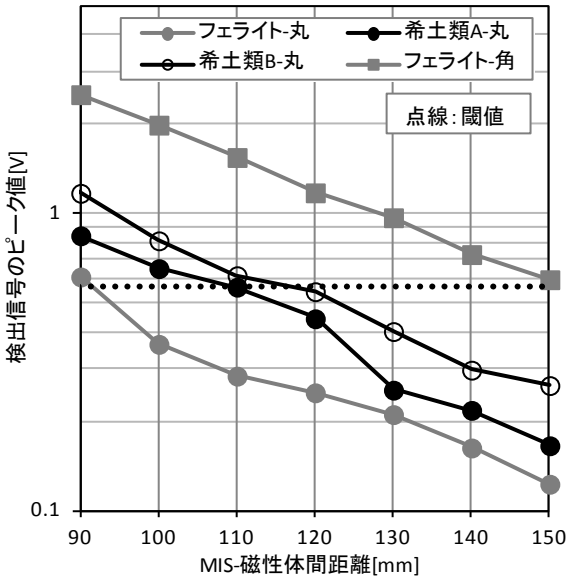


図８　MIS のシグナルと距離との関係

4）試作したプラスチック磁石は、これまで用いていた市販耐切創手袋の鉄チェーンと同じ部分に貼付することとした。また、安定的な着磁方法が未確立であるものの、貼付するよりも容易に製作可能と考えられる、先行課題と類似の樹脂と混合した磁性粉を表面に塗布した手袋も試作した。

4．今後の問題点と次年度以降の計画

1）試作した検出用手袋を供試して、手こぎ作業時の作業性や安定的な検出について、閾値の設定も含め検討する。

2）FC の停止距離や検出可能範囲等を考慮し、磁気センサの取り付け位置について検討する。

3）必要に応じて、磁気センサや検出手袋の改良試作を行う。

参考文献

1）岡田ら、巻き込まれ事故防止のための作業者判別技術の開発、生研センター試験研究成績 22-3 農業機械の安全性に関する研究（第 31 報）、7-18、生研センター、2011

2）岡田ら、巻き込まれ事故防止のための作業者判別技術の開発、生研センター試験研究成績 23-1 農業機械の安全性に関する研究（第 32 報）、1-10、生研センター、2012

3）岡田ら、巻き込まれ事故防止のための作業者判別技術の開発、生研センター試験研究成績 24-1 農業機械の安全性に関する研究（第 33 報）、1-10、生研センター、2013

4）毛利、磁気センサ理工学、コロナ社、1998

5）Harry E. Burke、磁気現象ハンドブック、河本修監訳、共立出版、1995

6）小塚、電気磁気学その物理像と詳論、森北出版、1998

7）後藤・山崎、詳解電磁気学演習、共立出版、1970

8）Tumanski、Handbook of Magnetic Measurements、CRC Press、2011

２．農業機械等による事故の詳細調査・分析手法の研究

特別研究チーム（安全）
積　栄、志藤博克、岡田俊輔

［**摘要**］乗用トラクタと刈払機を中心とした農業機械における事故を対象として、より詳細な調査・分析手法を確立するとともに、都道府県等からのデータや既存の調査結果等を基に、事故発生原因及び作業条件や作業環境等との因果関係を明らかにするべく、研究を行った。協力先道県で乗用トラクタ及び刈払機の事故について詳細調査を行い、調査票を作成した。調査結果のうち、一定の数が得られた事故形態について、既開発の各分析手法で分析し、R-Map を用いて対策効果のリスク評価を行った。その結果、農業機械事故についてもリスクベースでの対策効果の検討が可能であることが確認された。また、一定の数が得られているものの、調査の詳細度が十分でないものも含まれる既存の事故調査結果についても有効に活用するため、既開発の分析手法を応用することにより、新たに事故発生傾向等を洗い出せることが確認された。さらに、他機種等についても本分析手法の適用性を確認し、これらの成果および協力先との意見交換を踏まえ、詳細調査・分析手法の実際の運用に向けた課題を整理した。

１．目　的

農作業事故の発生要因を究明するには、現場の状況を詳細に調査する必要があるが、国による農作業死亡事故調査は人口動態調査の死亡小票に基づいているため、発生状況の詳細が不明な場合が多く、また負傷事故の体系的な調査は行われていない。独自に事故調査を行っている自治体もあるが、調査方法や内容の詳細度がそれぞれ異なるため、詳細分析が可能なデータが限られ、安全啓発や対策には十分に活用されていない。

そこで、農業機械による事故で死亡件数が最も多い乗用トラクタ、及び負傷件数が最も多い刈払機を対象に、協力先自治体等と連携して詳細な事故調査データを収集するとともに、適切な調査項目及び分析手法を確立し、事故発生要因や作業条件、環境等との因果関係を明らかにする。また、将来的に国の施策として位置づけ可能な調査分析手法につなげるべく、本調査・分析手法の他機種等による農作業事故への適用性を検討し、課題を整理する。

平成 25 年度は、開発された事故詳細調査票を用いて引き続き乗用トラクタ及び刈払機事故の詳細調査を実施し、先行課題で検討した分析手法（平成 23 年度試験研究成績を参照）を用いて、既存の調査結果も参考に事故分析を行う。また、一定の数が得られているものの、調査の詳細度が十分でないものも含まれる既存の事故調査結果についても有効に活用するため、同分析手法を応用した事故要因の抽出、分析を試みる。さらに、他の農業機械等にかかる事故についても、引き続き事故調査データの収集及び現地調査を行い、事故実態と現状の調査手法、調査項目を把握するとともに、詳細調査・分析手法の適用性を検討する。これらの結果を踏まえて、事故の詳細調査・分析手法の実際の運用に向けた課題を整理する。

２．方　法

１）乗用トラクタ及び刈払機の事故について、引き続き開発された事故詳細調査票を用いて協力先道県での詳細調査を行った。

２）詳細調査票によるこれまでの詳細調査結果に、従前より協力先道県が独自に行ってきた事故調

査の結果（2002～12 年の事故データ、ただし道県により期間は異なる）から詳細分析に足る情報量を有するものを加え、詳細調査に足る件数が得られた事故形態について、前年度と同様に、先行課題において構築したミクロ分析手法、マクロ分析手法（平成 23 年度試験研究成績を参照）を用いて分析を行った。

3）分析の結果推定された、各要因への対策による事故低減効果（対策前の発生頻度に対する対策後の発生頻度の割合）について、前年度と同様に、代表的なリスクアセスメント手法である R-Map を用いて評価を行った。

4）協力先における、一定の数が得られているものの、調査の詳細度が十分でないものも含む既存の事故調査結果についても有効に活用するため、ミクロ分析手法を応用して、可能な限り事故発生前後における当事者・機械・環境等に関する要因を抽出し、データベース化した。これを用いて、乗用トラクタの転落事故における環境条件について集計、分析を試みた。対象は、転落時の落差が明らかな死亡・負傷・物損事故とし、落差の他、転落元の場所の種別と路幅、傾斜や雑草等の路面状態、機体の大きさ（機関出力）、転落方向、転落時の行動（走行時、作業時等）等の各データを抽出、分析した。

5）乗用トラクタと刈払機以外の機種等の事故について、前年度と同様に、協力先での調査項目や実施状況等を調査するとともに、事故の現地調査や協力先からのデータ等を用いて、本分析手法の適用性を検討した。

6）これらの成果および協力先との意見交換を踏まえ、詳細調査・分析手法の実際の運用に向けた課題を整理した。

3．結果の概要

1）協力先道県との連携により、累積で乗用トラクタ 83 件、刈払機 13 件の詳細調査結果が得られた。

2）これまでの詳細調査結果、および従前からの協力先道県独自の事故調査結果から得られた、乗用トラクタの転落転倒による死亡事故 84 件、負傷・物損事故 39 件をそれぞれ分析した結果、前年度の結果とほとんど差はなく、各要因への対策による事故低減効果は、死亡事故（図１）では安全キャブ・フレーム（以下 ROPS）の非装着（図１①）、場所の条件の悪さ（同②）の順に大きく、負傷・物損事故では ROPS 非装着、シートベルト不使用の順であった。なお、巻込まれ事故（16 件）については、今年度は事故調査結果の追加がなかった。

3）２）の結果について R-Map（平成 24 年度試験研究成績を参照）で評価したところ、これも前年度の結果とほとんど差はなく、乗用トラクタの転落転倒事故については、ROPS 装着率向上（図１①）のみではリスクが現状の B3 領域から下がらず、効果が十分とは言えない一方、環境条件の改善（同②）やシートベルト着用（同③）とあわせて対策されることで、リスクが一段下げられると推察された（図２）。

4）転落時の落差が明らかな乗用トラクタの転落事故は 95 件（死亡 70、骨折等の重傷 16、打撲等の軽傷 3、程度不明の負傷 2、物損 4）あり、集計の結果、転落の落差は 1m 超 2m 以下が 31%、1m 以下も 26%あった。一方で、4m 超も 11%を占めていた（図３）。

路上からの転落事故が 49 件と過半数（表１）で、落差、路幅、被害程度に相関はなく、どの条件でも死亡事故が発生していたことから、落差の比較的小さな平野部等においても、ROPS 等の転落事故対策が不可欠であることがあらためて確認された（図４）。このうち路幅が明らかな 33

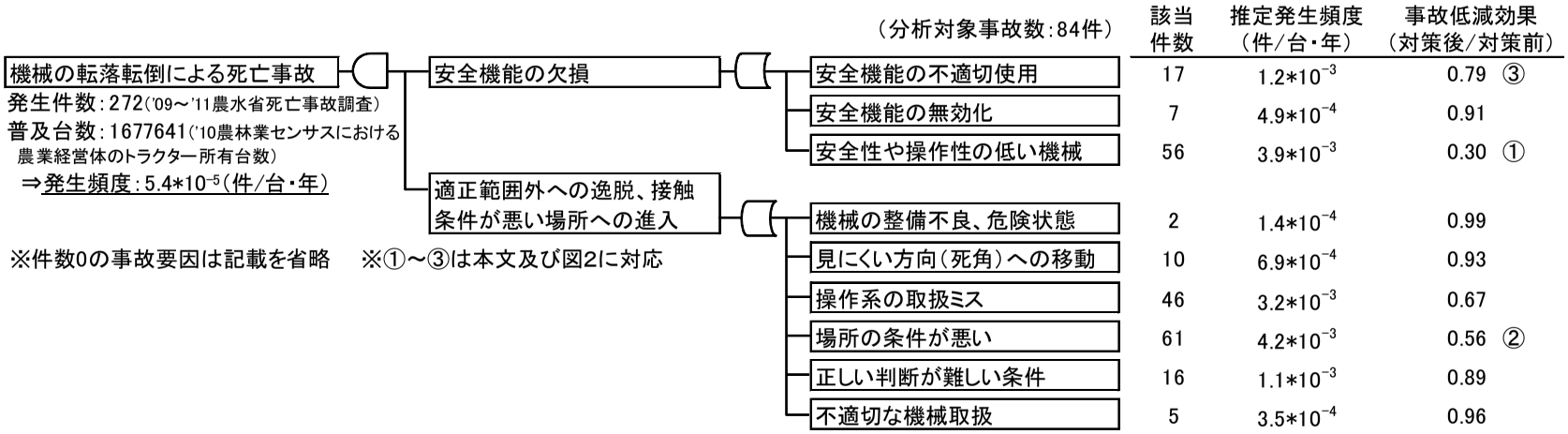


図１　乗用トラクタの転倒転落による死亡事故のマクロ分析結果

件を見ると、路幅が 2.5m 以下のものが 41%を占めた。そこで、このうちトラクタ機関出力も明らかな 23 件について、出力からおおよその車幅を推定し、路幅と比較した結果、機体両側（作業機を除く）には 0.5m 以下の余裕しかないと推定されたものが 35%にのぼり、些細な操舵のブレや路面の凹凸等でも、転落事故に直結する環境が多く確認された。また、機体の転落方向が明らかな事故について、走行時の転落方向は左側 8 件、右側 11 件と、左側走行を行う余裕がなかったことも伺え、この点からも、路幅の拡張やガードレール設置等、環境改善の必要性が認められた。

進入路からの転落事故（13 件）では、その多くで傾斜が大きい旨の記載があった。路幅についても平均 2.1m（7 件）と、路上よりさらに狭く、多くのほ場で進入路の改善が必要と推察された。

ほ場からの転落事故（31 件）では、他と比較して落差がより大きい方まで分布する傾向にあった（図５）。その一方で、事故状況によれば段差のかなり近くまで寄って作業、旋回を行っている事例も多く、作業方法の見直しが必要と考えられた。

また、路上及び進入路の 15%、ほ場の 25%で、路肩やほ場端に雑草繁茂、崩れ、強度不足といった問題点があった旨の記載があり、より適切な環境管理の重要性も示された。

以上のように、詳細事故データの分析から、転落事故低減には、構造改善と作業・管理の改善の両面が求められることが明らかとなった。

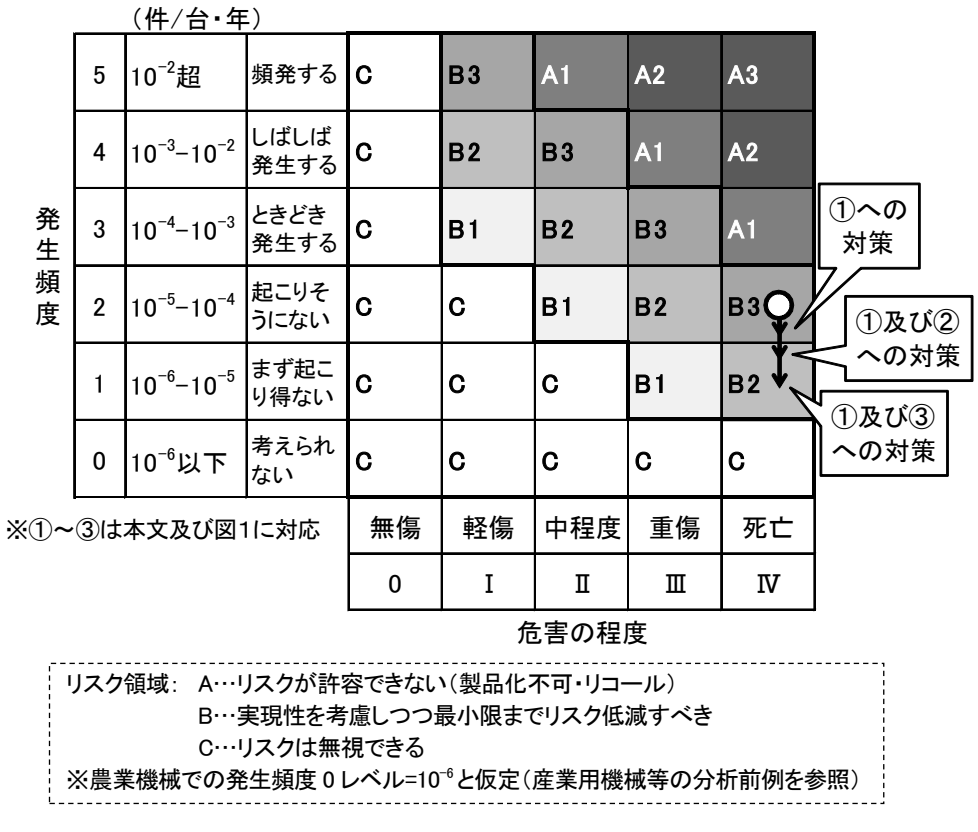


図２　乗用トラクタの転倒転落死亡事故のマクロ分析結果に基づく R-Map 評価結果

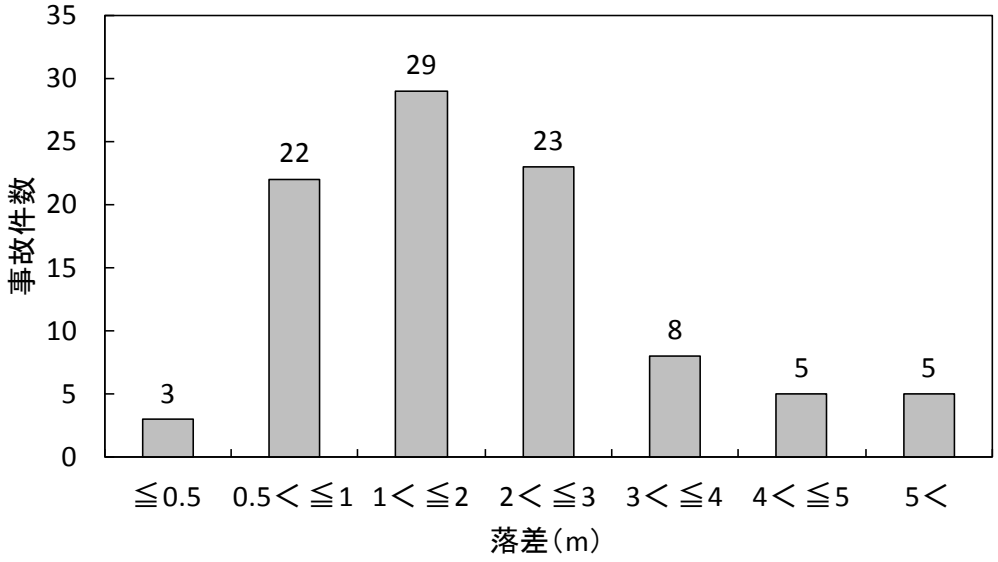


図３　乗用トラクタ転落事故における落差の分布

表１　乗用トラクタ転落時の転落元別・転落先別件数

		転落元				計
		ほ場	路上	進入路	その他	
転落先	ほ場	10	**24**	12	1	**47**
	路上	5	2			7
	水路・溝	7	8			15
	川・河川敷	1	6	1		8
	その他	3	2		1	6
	不明	5	7			12
	計	31	**49**	13	2	95

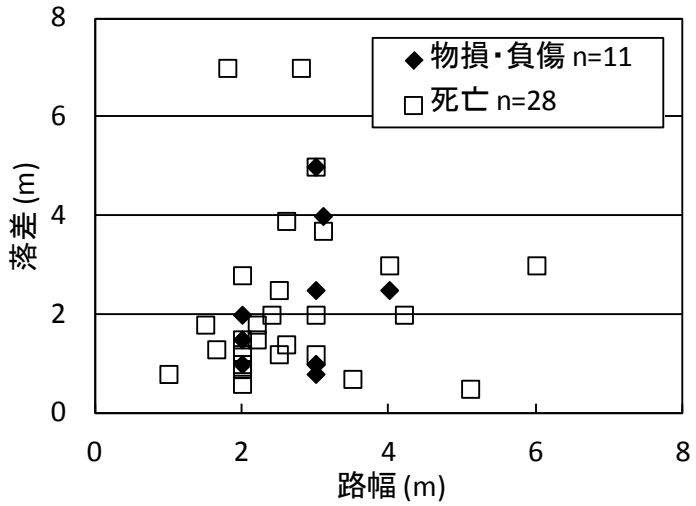


図４　路上からの乗用トラクタ転落時の落差・路幅・被害程度の関係

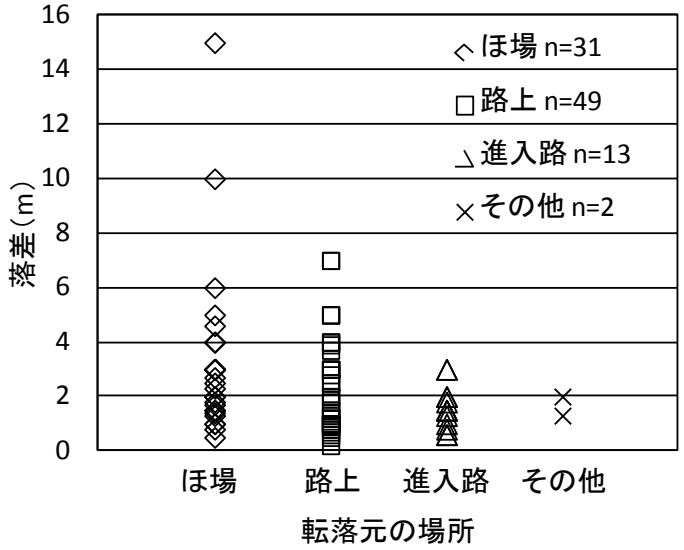


図５　転落元別にみた乗用トラクタ転落時の落差

5）その他機種の調査では、事故機の特徴を示す情報に関する調査項目が少なく、機種の分類が曖昧であったり、名称が不統一である事例が見られた。機械以外の事故として乳牛との接触による事故について酪農家に聞き取り調査した結果、飼養方法や施設環境、事故当時の乳牛の心身の状態等の情報が事故要因の抽出には不可欠と考えられたが、これらについて調査している協力先はなかった。一方、十分な情報を有する聞き取り調査結果や協力先からのデータであれば、その他機種ならびに機械以外の事故に対しても本分析手法の特徴を十分に引き出せることが確認できた。

6）今後取り組むべき運用上の課題として、分析手法を活かすためには詳細調査の徹底化が必須だが、調査担当者の負担を増さずに調査の詳細化を図るには、関係機関との情報の共有化や権限の明確化、調査担当者の農業機械や農作業についての基礎的知識や調査ノウハウの向上等の必要性が考えられた（表２）。また、研究上の課題としては、各機種、事故形態とも、詳細調査件数がまだ少ないことや、乗用トラクタおよび刈払機以外の機種への対応（機種毎の詳細調査票の開発）が必要であることが挙げられた。

表２　詳細調査・分析手法を運用・展開するにあたっての運用上の課題

・分析手法の長所を十分に引き出し、効果的な啓発活動に反映させるためには、充実した調査を幅広く行う必要があり、協力先での詳細調査の全面的な導入が必要となる。
・調査担当者の負担を増さずに調査の詳細化を図るには、自治体や農協だけでなく、警察、救急、販売店等との連携体制の構築、または農作業安全に取組む協議会等の既存体制の一層の活性化を図り、目的意識と情報を共有する必要がある。
・事故調査を実施するにあたっての権限を明確化するとともに、詳細調査の理由、意義と個人情報への配慮を聞き取り対象者に十分説明し、聞き取り自体が憚られることがないよう配慮する必要がある。
・様々な名称で呼ばれる機械があり、誤った分類を招くため、名称の統一化が必要である。
・農業機械や農作業についての基礎的知識を有さない調査担当者への対応策を検討する必要がある。

４．今後の問題点と次年度以降の計画

３．６）に挙げた課題に対応すべく、これまでの乗用トラクタ及び刈払機における詳細調査・分析を引き続き実施するとともに、死亡事故件数が乗用トラクタに次いで多いとされる歩行用トラクタについても新たに詳細調査・分析を行い、各機種について事故要因を明らかにする。また、詳細調査・分析結果をデータベース化し、地域・年齢別、環境条件別等、様々な視点から集計、整理することで事故対策の資料を得る。

５．謝　辞

事故データ収集及び詳細事故調査の実施にあたっては、北海道、青森県、福島県、茨城県、群馬県、埼玉県、長野県、岐阜県、滋賀県、鳥取県、熊本県、鹿児島県におけるご担当の皆様に多大なるご協力をいただいた。研究を進めるにあたっては、(独)製品評価技術基盤機構、(一財)日本科学技術連盟、宇都宮大学の田村孝治先生、松井正実先生、信州大学の内川義行先生から、ご指導や資料、情報のご提供をいただいた。現地調査では、北海道農作業安全運動推進本部の舘山則義氏、馬渕彰司氏、ＪＡえちご上越の清水　薫氏、栃木県農業機械士会の小田林徳次氏、長野県農業機械商業協同組合の佐藤宏道氏、ほか多くの皆様からご協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表する。

６．引用・参考文献

１）JIS C 5750-4-4:2011、ディペンダビリティ マネジメントー第4-4部：システム信頼性のための解析技法ー故障の木解析（FTA）

２）経済産業省、リスクアセスメント・ハンドブック実務編、経済産業省、2011

３）松本浩二、R-Map（リスクマップ）の実践研究　NITE受付事故情報を試行的にリスク分析する、生活安全ジャーナル、第７号、74-78、(独)製品評価技術基盤機構、2009

４）中谷行宏、平成22年度経年劣化製品事故の分析について、生成23年度製品安全センター製品安全業務報告会資料、39-58、製品評価技術基盤機構、2011

５）日科技連R-Map研究会、R-Map実践ガイダンス、日科技連出版社、2004

６）日科技連R-Map実践研究会、製品安全、リスクアセスメントのためのR-Map入門、日科技連、2011

７）酒井健一、R-MapとFTAを用いた消費生活用製品のリスクアセスメントについて、生成23年度製品安全センター製品安全業務報告会資料、83-100、製品評価技術基盤機構、2011

８）積栄ら、乗用トラクタおよび刈払機事故の詳細調査・分析手法の研究、平成23年度試験研究成績23-1　農業機械の安全性に関する研究（第32報）、31-37、生研センター、2012

９）積栄ら、農業機械等による事故の詳細調査・分析手法の研究、平成24年度試験研究成績24-1　農業機械の安全性に関する研究（第33報）、11-31、生研センター、2013

10）積栄ら、トラクタ転落事故における環境条件の分析、第72回農業食料工学会年次大会講演要旨、191、農業食料工学会、2013

３．乗用型トラクターの片ブレーキ防止装置の開発

特別研究チーム（安全）
志藤博克、積　栄、岡田俊輔、塚本茂善、
皆川啓子、豊田成章、土師　健、堀尾光広、
山﨑裕文、高橋弘行、篠原　隆
株式会社ＩＨＩシバウラ　牧　洋文
井関農機株式会社　渡部智明
株式会社クボタ　中村健太郎
三菱農機株式会社　佐々木勇介
ヤンマー株式会社　饗庭正知

［摘要］乗用トラクタの転落転倒事故の原因のひとつである片ブレーキの誤操作を防止する装置の試作２号機について、ほ場試験を実施し、片ブレーキの操作性と制動時のブレーキ連結の確実性等を評価した。抽出された課題に基づき操作方法を絞り込み最終試作機を製作し、トラクタ作業に精通した被験者だけでなく、不慣れな被験者を含めたほ場試験を実施して、その実用性を評価した。

１．目　的

乗用トラクタの死亡事故は農機事故の５割を占め、中でも転落転倒による事故は乗用トラクタ死亡事故の７割以上を占める。その原因の一つとして左右ブレーキペダルの連結金具を外した状態で誤って片ブレーキを踏むことが挙げられている。誤って片ブレーキを踏むと思わぬ急旋回が生じるため、転落転倒の重大死傷事故につながる場合がある。そこで、この種の事故を未然に防止するための装置を開発する。今年度は、昨年度製作した試作２号機をほ場試験に供試して、片ブレーキの操作性および急制動時のブレーキ連結の確実性等について課題を抽出する。これに基づいて操作方式を絞り、最終試作機を製作するとともに、トラクタ作業に精通した被験者だけでなく、不慣れな被験者を含めたほ場試験を実施して、その実用性を評価した。

２．試作２号機のほ場試験

１）方　法

附属農場にて、試作２号機（右足解除方式３種類、左足解除方式４種類の計７種類、図１～７）の片ブレーキ操作性を評価するため、１区画約 30×50m の試験区を７区設け、それぞれに各試作機を配置し、ロータリ耕を行い（一部、プラウ耕も実施）、旋回、幅寄せ、位置合わせ等を行ったときの片ブレーキの操作性を評価した。また、試験区内で路上走行時を想定した急制動操作を行い、ブレーキ連結の確実性を評価した。作業時間は 20 分とした。実施にあたっては、被験者を右足解除方式から先に乗るグループと左足解除方式から先に乗るグループに分け、同じ方式同士での比較を容易にするよう配慮した。被験者は、参画企業 10 名、教育研修機関の教官７名、生研センター研究職員 14 名、同農場職員２名、農家２名の計 35 名とした。

さらに、右足解除方式の代表機として A-2 型、左足解除方式の代表機として E-2 型を供試し、トラクタ作業に精通した生研センター附属農場職員２名により各６時間ずつロータリ耕を行い、長時間作業における操作性や不具合の有無について評価を行った。

評価方法は、片ブレーキ操作のし易さおよびブレーキ連結の確実性等の各確認項目についての所感を試験中に被験者なりの表現で野帳に記載してもらった上で、試験終了後に被験者と相対で聞き取り調査を行い、各試作機を「実用レベルに達している」「改良により実用レベルに達する」「検討が必要」に分類してもらう方法とした。

図１　右足解除方式（A-2 型）

図２　右足解除方式（D-2a 型）

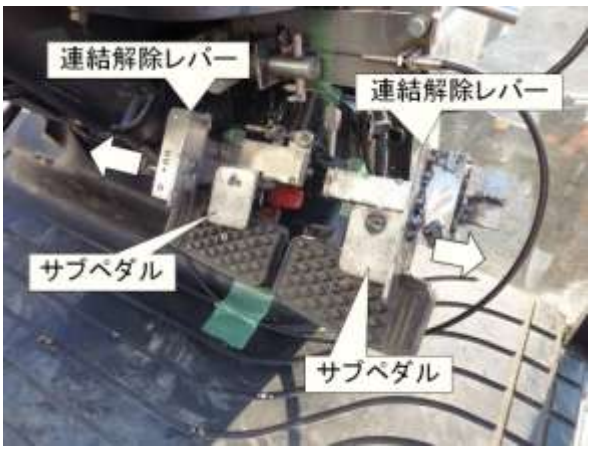


図３　右足解除方式（F-2 型）

図４　左足解除方式（B-2 型）

図５　左足解除方式（C-2 型）

図６　左足解除方式（D-2b 型）

図７　左足解除方式（E-2 型）

２）結　果

試験の結果、各試作機とも試作１号機に比較して一定の改良効果が認められたが、片ブレーキの操作性について、左足解除方式の評価が全体的に右足解除方式を上回った（表１）。また、長時間作業における操作性においても、左足解除方式の方が疲労が少ないとの評価を得た。右足解除方式は急制動時のブレーキ連結の確実性を高める改良を加えたものの、どうしても連結が外れる危険性を払拭できず、これ以上改良を加えても根本的な解決は困難と判断された。片ブレーキの操作性への評価を総合し、今後は左足解除方式に絞り、さらに実用性を高める改良を重ねるのが妥当と判断された。

なお、左足解除方式の B-2 型では、最大スロットルで 10km/h を超える作業速度段に入れると連結解除ペダルの使用が不可となる構造であることから、作業速度が比較的速いプラウ耕において直進時の機体姿勢の修正に片ブレーキを使えない上、低速時では常に連結解除ペダルの操作が可能となってしまうことへの懸念が認められた。同じく C-2 型および E-2 型では、ハンドルチルトレバーと連結解除ペダルを踏み間違える、D-2b 型では連結解除レバーの操作がしづらい、等といった課題が挙げられた。

表２に左足解除方式への被験者のコメントをまとめた。

表１　試作２号機の片ブレーキ操作性に対する評価　　（単位：%）

	右足解除方式			左足解除方式			
	A-2	D-2a	F-2	B-2	C-2	D-2b	E-2
実用レベルに達している	14	9	0	34	51	23	40
改良により実用レベルに達する	49	49	14	57	40	67	46
検討を要する	37	43	86	9	9	10	14

表２　左足解除方式への被験者のコメント

B-2	・連結解除ペダルを踏みやすくするには、奥行きを広げる必要があるが、反面、踏みっぱなしになる可能性もある。 ・連結解除ペダルを踏もうとして滑ったので、踏面に滑り止めが必要。 ・連結解除ペダルの操作力をさらに軽くしてほしい。 ・低速では常に片ブレーキが有効でよいのか？ ・プラウ作業で片ブレーキが使えない。 ・低速で解除すると中・高速時もロックしない状態になる。また、エンジン停止前に片ブレーキ機能 ON だとメインキーが OFF でも連結解除ペダルは操作可能になる。 ・駐車ブレーキをかけていても、連結解除ペダルを踏むと右ブレーキペダルが外れる。外れた右ブレーキペダルを踏むと駐車ブレーキ状態に戻るが、強く踏むと両ブレーキペダルが外れてしまう。
C-2	・後ろを向きながらの作業時に連結解除ペダルとハンドルチルトペダルを間違える。 ・クラッチ操作と同じように、足を持ち上げて解除ペダルを踏むのでクラッチと間違えやすい。 ・連結解除ペダルが少し小さい。位置も検討する必要がある。 ・片ブレーキ操作後、ブレーキが連結されないことがあった。 ・駐車ブレーキをかけていても、連結解除ペダルを踏むと右ブレーキペダルが外れる。外れた右ブレーキペダルを踏むと駐車ブレーキ状態に戻るが、強く踏むと両ブレーキペダルが外れてしまう。
D-2b	・連結解除ペダルを足の側面を使って横方向に操作するのは辛い（特に高齢者）。 ・連結解除ペダルの操作力が大き過ぎる。 ・解除操作の方向がクラッチ操作方向と異なるのは評価できるが、疲れる。 ・連結解除レバーではなく、ペダルにして、足の裏で操作できるようにして欲しい。 ・連結解除レバーの位置ももう少し前にして欲しい。 ・片ブレーキ時の告知音が小さいのでもう少し大きくするか、断続音にして欲しい。 ・駐車ブレーキをかけていても、連結解除レバーを操作すると右ブレーキペダルが外れる。外れた右ブレーキペダルを踏むと駐車ブレーキ状態に戻るが、強く踏むと両ブレーキペダルが外れてしまう。
E-2	・クラッチと連結解除ペダルが近く、操作方向が似ているので踏み間違えた。 ・連結解除ペダルとハンドルチルトレバーとの踏み間違いがあった。 ・連結解除ペダルの操作力が軽すぎて、解除されたかわからないことがある。 ・連結解除ペダルのストロークが大き過ぎる。 ・連結解除ペダルロックレバーが乗降時に邪魔になる。 ・連結解除ペダルロックレバーが振動で解除側になる恐れがある。 ・駐車ブレーキをかけていても、連結解除ペダルを踏むと右ブレーキペダルが外れる。外れた右ブレーキペダルを踏むと駐車ブレーキ状態に戻る。

３．最終試作機の製作と実用性評価

１）最終試作機の製作

最終試作機は、試作２号機のほ場試験の結果から操作方式を左足解除方式に統一した。左足解除方式に統一するにあたって、小型トラクタ（ベース機では 16kW（22PS））のため足元スペースが限られる A-3 型では、クラッチ操作の際に連結解除ペダルを一緒に踏む、あるいは連結解除ペダルの操作時にクラッチが足に当たるといった干渉が避けられないため、連結解除ペダルの操作方向をクラッチと変える、クラッチと連結解除ペダルを同時に踏んでも、ブレーキ連結が外れる前にクラッチが切れるようにする等の対策を盛り込んだ。

B-3 型は、連結解除ペダルの操作の可否を速度で規制する方式を廃止し、他の最終試作機と同様、連結解除ペダルロックレバーを装備した。なお、ベース機としたトラクタの PTO 変速レバーがハンドル直下に配置されている関係上、連結解除ペダルを左足踵側に配置した。

C-3 型と E-3 型は、ハンドルチルトレバー／ペダルの位置や操作方向等を、連結解除ペダルとの干渉を避けるために変更した。また、C-3 型は、連結解除ペダルロックレバーを「ロック」の位置に操作すると、連結解除ペダルがダッシュボード内に収納される機能を追加した。

D-3 型は、D-2b 型で指摘された連結解除のレバー操作性の問題を解決するため、フートプレート中央部に配置した連結解除ペダルを前方へスライドする操作方式に改良した。

各試作機とも、試作２号機で明らかとなった、駐車ブレーキをかけた状態で連結解除ペダルを踏むと右ブレーキが外れる問題についても対策を施した。

なお、A-3 型、B-3 型、E-3 型については、連結解除ペダルを操作したときに、運転者への告知音を鳴らす機能を追加し、D-3 型は告知音の音量を上げる改良を加えた。

A-3 型の外観を図８に、B-3 型を図９に、C-3 型を図 10 に、D-3 型を図 11 に、E-3 型を図 12 に示す。また、装置の構造の一例を図 13 に示す。

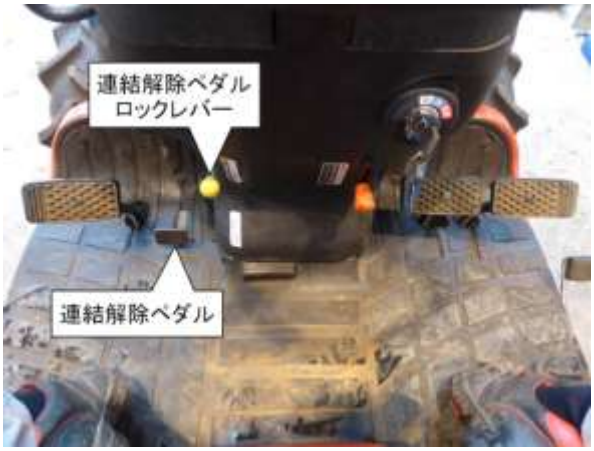


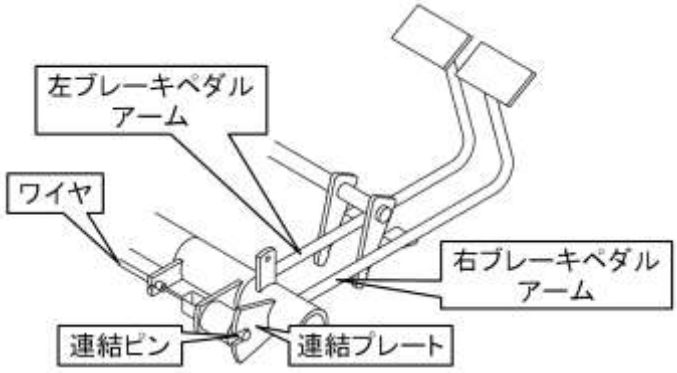
図８　A-3 型（爪先側方式）

図９　B-3 型（踵側方式）

図 10　C-3 型（爪先側方式）

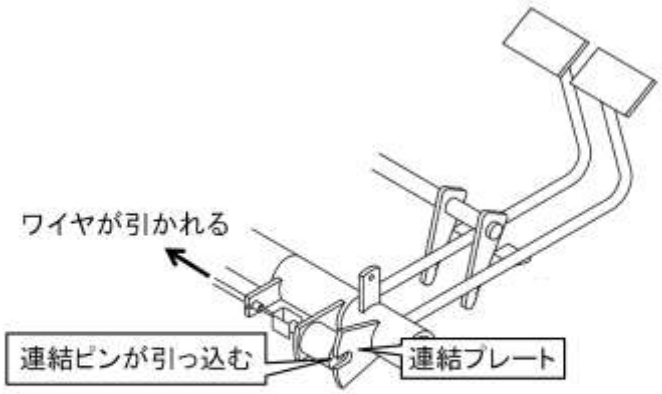
図 11　D-3 型（爪先側方式）

図 12　E-3 型（爪先側方式）



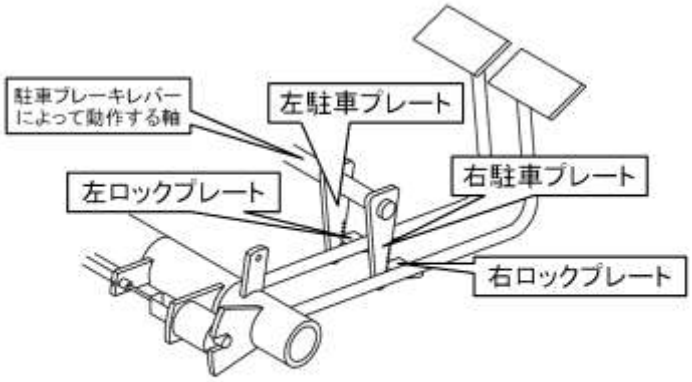
左ブレーキペダルアーム基部に設けられた連結ピンが、右ブレーキペダルアーム基部の連結プレートの溝に入ることで、両ブレーキペダルは一体で動き、片ブレーキ操作ができない状態になる。

図 13　最終試作機の構造の一例（片ブレーキを使用しない場合）



連結解除ペダルが踏まれ、ワイヤが引かれると連結ピンが引っ込んで連結プレートから外れ、左右のブレーキペダルはそれぞれ独立して動き、片ブレーキが掛けられる。

図 14　最終試作機の構造の一例（片ブレーキ使用が可能な状態）



左右のブレーキペダルを、それぞれ別の駐車プレートで別々に固定するため、駐車ブレーキをかけた状態で連結解除ペダルを踏んでも、片ブレーキにはならない。

図 15　最終試作機の構造の一例（駐車ブレーキの仕組み）

2）実用性評価の方法

最終試作機の実用性評価は、試作２号機のほ場試験と同様にして行った。被験者は、県の試験研究機関の職員 12 名、農家３名、生研センター研究職員９名、同附属農場職員３名、教育研修機関の教官１名の合計 28 名とし、トラクタ作業精通者だけでなく、不慣れな被験者も含んだ。また、参画企業担当者 10 名によるほ場試験で、最終試作機の取扱性について課題を抽出した。

3）実用性評価の結果

ほ場試験の結果、小型トラクタに搭載した A-3 型では、クラッチ操作時に連結解除ペダルを一緒に踏むことがある点が課題とされた。そのような場合でも差し迫った危険が生じないよう配慮されてはいるが、一緒に踏んでしまうこと自体が危険、との評価であった。E-3 型についても１件ながら同様の意見が寄せられた。これに対して参画企業担当者と協議した結果、試作機では既販機をベース機として利用しているため、ミッションケース等のレイアウト上の問題により連結解除ペダルの配置に困難が伴ったが、本機設計の当初から本装置の搭

載を織り込めば十分に対応可能と判断された。

それ以外については、連結解除ペダルを他のペダルと違う色にして欲しい等の要望が寄せられたものの、ほぼ実用レベルに達しているとの評価を得た（表３）。爪先側方式と踵側方式の違いによる評価については、圃場の隅等での位置合わせで片ブレーキ操作を行う際の、クラッチと連結解除ペダルを交互に踏み換える操作のし易さの点で、爪先側方式の評価が踵側方式を上回った。

参画企業担当者による取扱性確認の結果、動作が不確実になる場合がある等の課題が抽出され、製品化の際の留意点として整理された（表４）。

表３　最終試作機の評価*1　　**（単位：%）**

	爪先側方式				踵側方式
	A-3 型	C-3 型	D-3 型	E-3 型	B-3 型
実用レベル*2	39	46	64	89	19
ほぼ実用レベル*3	50	54	36	7	81
改良すれば実用レベル*4	11	0	0	4	0
実用的でない	0	0	0	0	0

*1 被験者 28 名（参画企業担当者を除く）の評価
*2 そのままの状態でよしとするレベル
*3 連結解除ペダルの色を変える等の軽微な改良で済むレベル
*4 連結解除ペダルの位置を再検討する等の比較的重要な改良が必要なレベル

表４　最終試作機の取扱性確認の結果

A-3	• 駐車ブレーキが外れにくく、完全に外れない状態で左片ブレーキを踏むと、踏み込んだ状態からブレーキペダルが元の位置に戻らなくなる。 • 連結解除時のブザーがバック時のブザーと似ているので、リズムを変えるなどの工夫が必要。
B-3	• 連結解除ペダルロックレバーが機能せず、連結解除ペダルのロックが外れないことがあったので改善が必要。 • 連結解除ペダルロックレバーを完全に「解除」まで操作しないと解除されない仕組みとするのが望ましい。
C-3	• 連結解除機構のバネが外れないように改善が必要。 • 装置の無効化を防ぐため、ブレーキアーム部に設けられている連結解除機構は、ダッシュボード内に納めるのが望ましい。 • 連結解除ペダルの収納が不完全なため、誤ってつま先が引っかかってもかき出されないようにするのが望ましい。
D-3	• 駐車ブレーキをかけたときに解除ペダルを踏むと駐車ブレーキが外れるため、改善が必要。 • 装置の無効化を防ぐため、ブレーキアーム部に設けられている連結解除機構は、ダッシュボード内に納めるのが望ましい。
E-3	• 連結解除ペダルを踏んで駐車ブレーキをかけると、常に連結が解除された状態になってしまうので改善の必要がある。 • ペダル操作マークが連結解除ペダルから遠いので、市販機ではできるだけ近くに配置するよう検討が必要。 • 連結解除ペダルロックレバーの解除操作時の操作力が、ロック操作時よりも小さい。安全側に考えるならば、逆に解除操作時の操作力をロック時の操作力よりも大きくするのが望ましい。また、連結解除ペダルロックレバーを完全に「解除」まで操作しないと連結解除ペダルが機能しない仕組みとするのが望ましい。 • 駐車ブレーキをかけた状態で連結解除ペダルを踏みながら、駐車ブレーキを解除すると片方のブレーキだけが外れる。通常はこのような操作はしない可能性が高いが、できれば改善を図ることが望ましい。

3）実用化に向けての対応

実用化に向けて開発装置を小型トラクタに搭載するにあたっては、連結解除ペダルはクラッチと一緒に踏む可能性がない位置に配置することを念頭に置いて車体設計を行うことを要件とした。

また、連結解除ペダルを爪先側に置く方式と踵側に置く方式の両方を実用化するか、あるいはどちらか一方に統一するかについて関係機関を交えて議論した結果、片ブレーキの操作性で評価を上回った爪先型方式に統一することとした。これは、本装置の開発目的が

誤操作を防止することにあり、その装置が新たな誤操作を生じることがあってはならない、との開発当初の理念に基づいた判断によるものである。

さらに、生研センター評価試験部により、本開発装置が搭載されたトラクタが安全鑑定に適合するための要件が検討され、表５のとおりに示された。市販機にはこの仕様が盛り込まれる予定である。実用機のイメージを図 13、操作方法のフローを図 14 に示す。

本開発装置は、2014 年度以降、各参画企業より対応可能な新機種から標準装備される予定である。

表５　安全鑑定適合するための要件

- 連結解除ペダル、連結解除ペダルロックレバーの名称、有する機能、操作方法を明記すること。
- 連結解除ペダルロックレバーが「解除」に操作された状態では、表示ランプが赤色点灯すること。また、表示ランプのデザインについては従前の表示ランプを用いても差し支えない。
- 連結解除ペダルが踏まれ、ブレーキ連結が解除された状態では、上記の表示ランプを点滅させること。なお、この機能の搭載については、一定の猶予期間を設ける。
- 連結解除ペダルの踏面は滑り止めが施されていること（縞鋼鈑は不適）。
- 本装置の意図、機能、操作方法が正しく使用者に伝わるよう取扱説明書に記述すること。
- 連結解除ペダルを操作したときの告知音は、あれば望ましいが、その他の告知音と競合する場合は必須とはしない。
- 連結解除ペダルロックレバーを完全に「解除」まで操作しないと解除されない仕組みとすること。

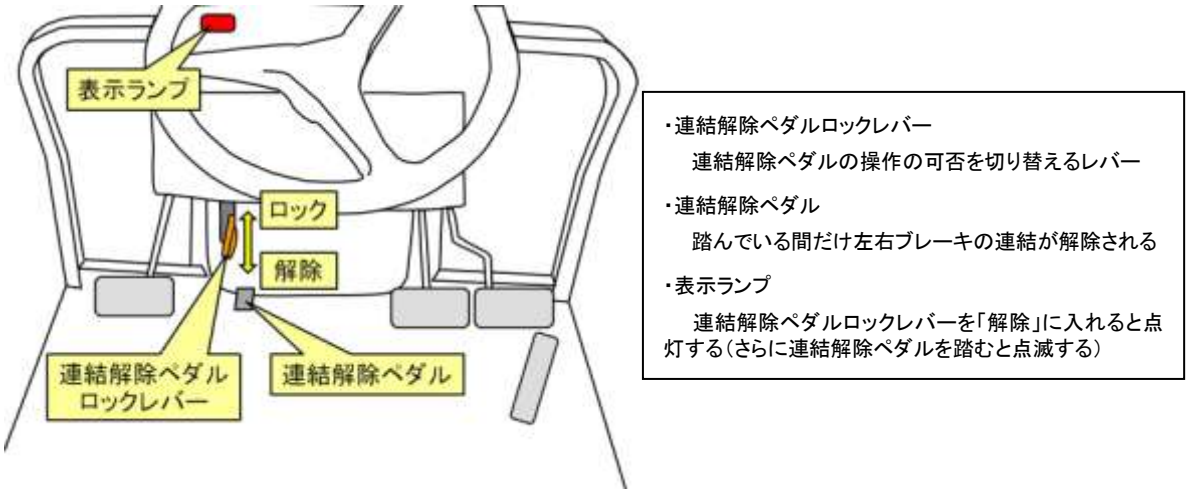


図 16　開発装置の市販機のイメージ

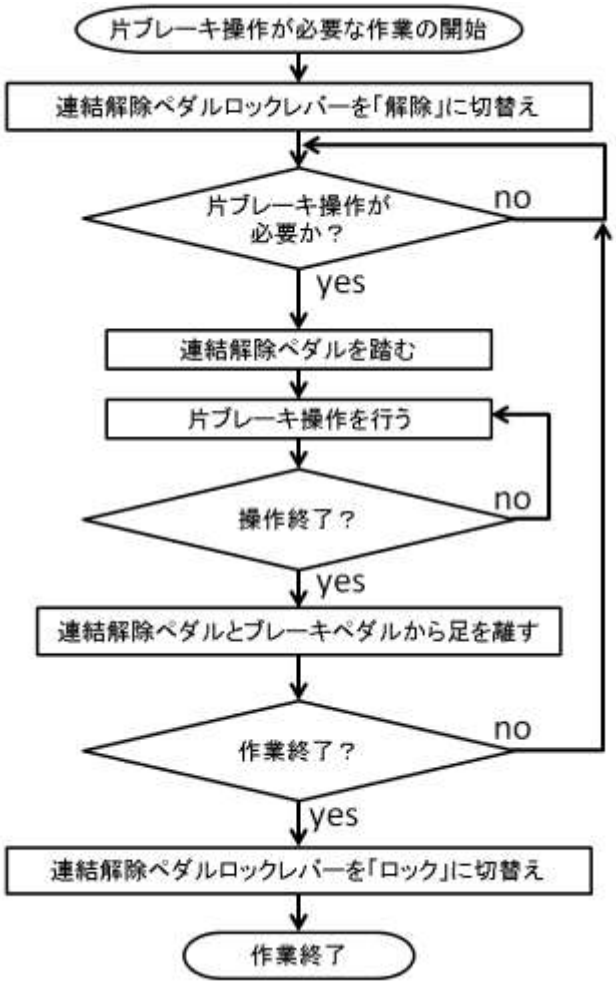


図 17　開発装置の操作方法のフロー図

５．謝辞

ほ場試験の実施にあたっては、農林水産省農林水産研修所つくば館水戸ほ場、埼玉県農林総合研究センター、埼玉県農業大学校にご協力を賜った。記して感謝の意を表する。また、従来にない装置の開発に臨むにあたり、企業の壁を乗り越え、問題意識を共有しつつアイデアを持ち寄り、安全性と実用性のバランスがとれた装置の開発に結びつけて頂いた参画企業各社に特段の謝意を表する。

６．参考文献

１）志藤博克ら：乗用型トラクターの片ブレーキ防止装置の開発、農業機械の安全性に関する研究（第 32 報）、平成 23 年度試験研究成績 43-54、生研センター、2011.5
２）志藤博克ら：乗用型トラクターの片ブレーキ防止装置の開発、農業機械の安全性に関する研究（第 33 報）、平成 24 年度試験研究成績 33-42、生研センター、2012.6

４．自脱コンバインの手こぎ部の緊急即時停止装置の開発

特別研究チーム（安全）
志藤博克、積　栄、岡田俊輔、堀尾光広、
山﨑裕文、土師　健、塚本茂善、皆川啓子、
豊田成章、高橋弘行、篠原　隆
井関農機株式会社　竹内賢一朗
株式会社クボタ　高木雅志
三菱農機株式会社　阿川 陽一
ヤンマー株式会社　古田東司

［摘要］自脱コンバインの手こぎ作業時の巻き込まれ事故での重傷化を防止するため、フィードチェーンを即座に停止する装置を開発する。昨年度、製作した試作２号機の機能確認試験を行い、課題を抽出した。これに基づき、最終試作機を製作するとともに、実用性を評価した結果、開発装置は市販化の目処が得られたと判断された。

１．目　的

自脱コンバインでは、原動機の緊急停止装置の装備により、脱穀部での巻き込まれ事故における通院が必要なケガの発生割合が 15%と、未装備のものでの発生割合の 50%から大幅に低減している。しかし、装置の作動からフィードチェーンが停止するまでの間に巻き込まれた手がこぎ胴に達する危険性が高いことから、入院が必要なケガの発生割合は未装備の 18%に対して 15%に止まっている。そこで、緊急停止ボタンを操作するとフィードチェーンが即座に停止する装置を開発する。今年度は、試作２号機の機能を確認し、課題を抽出するとともに、最終試作機を製作し、その実用性を評価する。

２．試作２号機の機能確認試験

１）試作２号機の概要

試作１号機の試験結果に基づき、試作２号機（A-2 型～D-2 型）は、フィードチェーン即時停止機能の他、手腕部が巻き込まれた場合の重傷化を防ぐ方策として、こぎ胴を速やかに停止させるためのブレーキをこぎ胴動力伝達部に設けた。また、試作１号機では、こぎ胴カバー開閉レバーの操作力が 90～190N と女性作業者には大きく、巻き込まれた手を速やかに解放することが困難になる恐れがあった。女性被験者による操作力測定試験の結果、こぎ胴カバー開閉レバーの操作力を 50～60N とするのが望ましいことが明らかになったが、操作力をここまで低減すると、作業中の振動によりこぎ胴カバーのロックが外れる可能性が懸念された。そこで試作２号機では、緊急停止ボタンの操作により、フィードチェーンが即時停止するとともに、こぎ胴カバーあるいは挟やく桿が開放する機能を付加し、緊急時のこぎ胴カバー開閉レバーの操作を不要とした。

さらに、巻き込まれる危険が生じない方式（両手操作方式）も併せて検討した。すなわち、停止したフィードチェーン上に手刈りしたイネを置き、右手で手こぎ操作ハンドルをその上に下ろしてフィードチェーンとの間に挟み込み、同時に左手で操作ボタンを押して手こぎ作業を行う方式である。フィードチェーンは、手こぎ操作ハンドルと操作ボタンが同時に操作

されている間だけ駆動し、どちらか一方でも手を離すとフィードチェーンは即時停止する。また、緊急停止ボタンを押すとエンジンも停止する。

試作２号機の機能の概要を表１に、外観を図１～８に示す。

表1　試作2号機の機能の概要

A-2 型	フィードチェーン即時停止、こぎ胴即時停止、こぎ胴カバー開放
B-2 型	フィードチェーン即時停止、こぎ胴即時停止、挟やく桿開放
C-2 型	フィードチェーン即時停止、こぎ胴即時停止、こぎ胴カバーロック解除（開放は手動）
D-2 型	運転席の作業レバーを入れただけではフィードチェーンは動かない 手こぎ操作ハンドルと手こぎ操作ボタンを操作するとフィードチェーンが動く どちらか一方から手を離すとフィードチェーンが即時停止する

図１　A-2 型の外観

図２　A-2 型の手こぎ部

図３　B-2 型の外観

図４　B-2 型の手こぎ部

図５　C-2 型の外観

図６　C-2 型の手こぎ部

図７　D-2 型の外観

図８　D-2 型の手こぎ部

２）機能確認試験の方法

フィードチェーン停止距離は、回転計（小野測器 EC-2100)で緊急停止ボタンの操作から停止までの駆動スプロケットの回転回数を測定し、スプロケット歯数とチェーンピッチから算出した。この停止距離が噛み込み点からこぎ胴突起物前端までの距離（以下、基準距離という）以内に収まるかどうかを判定した。試験は、手こぎ作業時の定格機関回転速度、無負荷状態で行い、停止距離は３回測定した値の平均値とした。手が巻き込まれる恐れがない両手操作方式については、操作ボタンと手こぎ操作ハンドルの両方を操作した状態から操作ボタンを離すことによってフィードチェーンが停止するまでの距離を測定した。

なお、噛み込み点は初年度に定義したとおり、フィードチェーンのプレート上側水平部から挟やく桿下端までの距離が 20㎜ になるところとした。

こぎ胴が停止するまでに要する時間は、高速度撮影が可能なデジタルカメラ（CASIO EX-F1）で 300fps の速度で撮影し、こぎ胴が停止するまでのフレーム数を数えて求めた。

３）機能確認試験の結果

フィードチェーン停止距離は、試作１号機の試験結果と同様に、いずれの試作機も基準距離以内に収まった。こぎ胴が停止するまでに要した時間は、1.1～2.2s の範囲であり、こぎ胴ブレーキの動作の有無を切り替え可能な B-2 型でこぎ胴ブレーキの有無を比較した結果、その差は 0.4s にしか過ぎなかった（表２）。

A-2 型、B-2 型、C-2 型に盛り込んだ、こぎ胴カバーあるいは挟やく桿の開放機能は、こぎ胴カバー開放レバーを操作する必要がなくなっただけでなく、挟まれた手を速やかに抜き取ることにより、重傷化を回避できる可能性が認められた。ただし、C-2 型については、フィードチェーンに挟持物がある場合には､ガススプリングによりこぎ胴カバーが開放されるが、挟持物がない場合には、こぎ胴カバーを手で持ち上げる必要があった。また、A-2 型～C-2 型のいずれについても、緊急停止ボタン操作後の復帰操作を異なる手順で行うと、エンジン再起動時にこぎ胴カバーあるいは挟やく桿が開いてしまう、あるいはロックすることができない、といった不具合が認められた。

両手操作方式の D-2 型については、手こぎ作業に供試した結果、実際に手が巻き込まれる恐れのないことが確認された。また、フィードチェーンが駆動する手こぎ操作ハンドルを押し下げた状態では、噛み込み点が手こぎ操作ハンドルの先端部になることから、結果的に基準距離が D-1 型の 240㎜ から 430㎜ に延長されたことになり、フィードチェーンが停止した地点からこぎ歯最前列までの距離が 100㎜ に増加した。しかし、フィードチェーンの搬送速度が他の試作機よりも 31～48％速い（850㎜/s）ため、フィードチェーン停止距離は試作２号機の中で最も長い 330㎜ となった。

表２　試作２号機のこぎ胴停止時間測定結果

	A-2 型(6 条)	B-2 型(6 条)		C-2 型(5 条)
		ブレーキあり	ブレーキなし	
こぎ胴回転速度(rpm)	346	525		448
こぎ胴停止時間(s)	1.1	1.8	2.2	2.2

３．最終試作機の実用性確認

１）最終試作機の製作

いずれの試作機も、これまでと同様、断線等の故障が生じた場合にエンジンが始動できない NC（ノーマルクローズ）接点で、動作後にその場で解除操作しないとエンジンが再起動できない自己保持型の緊急停止ボタンを装備した。また、万一、巻き込まれたときに緊急停止ボタンを操作できる可能性を高めるとともに、フィードチェーン停止距離を少しでも短縮化するため、手こぎ作業時はフィードチェーン搬送速度が低下する機能を全ての試作機に盛り込むこととした。

A-3 型、B-3 型、C-3 型については、試作２号機で有効性が確認されたこぎ胴カバーあるいは挟やく桿の開放機能を採用することとし、緊急停止ボタン操作後の復帰操作をどのような手順で行っても正常に動作するよう、制御プログラムのフローに改良を加えた。

C-3 型については、緊急停止ボタンを操作した際に、こぎ胴カバーを手で持ち上げることなく、挟まれた手を解放できるよう改良を加えた。また、作業者の左手付近に設けた操作ボタンを押している間だけフィードチェーンが動く機能を新設した。手こぎ作業は、左手で操作ボタンを押しながら､手こぎ部に設けたイネ載せバーに載せたイネを右手で供給して行う。操作ボタンから手を離すとフィードチェーンが即時停止する。緊急時には、操作ボタンを押し続けた状態でも、緊急停止ボタンを操作すれば、こぎ胴カバーが開放し、フィードチェーンとエンジンが停止する。

なお、試作２号機で検討したこぎ胴ブレーキは、コストがかかる割に期待されたほどの効

果が認められず、実用性は低いと判断されたため、最終試作機では搭載を見送ることとした。

従来通りの方法で手こぎ作業を行う A-3 型および B-3 型を通常作業型、C-3 型を片手作業型、D-3 型を両手操作型と呼称することとする。

最終試作機を図９～12 に示し、概要を表３に記す。

図９　A-3 型（通常作業型：こぎ胴カバー開放式）
（こぎ胴カバー及び挟やく桿が開放した状態）

図 10　B-3 型（通常作業型：挟やく桿開放式）
（こぎ胴カバー及び挟やく桿が開放した状態）

図 11　C-3 型（片手作業型）
（こぎ胴カバーが開放した状態）

図 12　D-3 型（両手操作型）

表３　最終試作機の概要

A-3 型	６条	フィードチェーン即時停止、こぎ胴カバー開放、手こぎ時のエンジン回転速度低下
B-3 型	４条	フィードチェーン即時停止、挟やく桿開放、手こぎ時のエンジン回転速度低下
C-3 型	６条	フィードチェーン即時停止、こぎ胴カバー開放、手こぎ時のフィードチェーン速度低下、操作ボタンを左手で押している間だけ手こぎ可能
D-3 型	５条	手こぎ操作ハンドルと操作ボタンを押している間だけフィードチェーンが動く、どちらか一方から手を離すとフィードチェーンが即時停止する、手こぎ時のエンジン回転速度低下

２）最終試作機の実用性確認試験方法

最終試作機の実用性を確認するため、動作確認およびフィードチェーン停止距離を測定した。測定は、試作２号機と同様に行った。また、手こぎの作業性や最終試作機の機能について、農家２名と農業大学校の教官１名に評価を求めた。両手操作型の D-3 型については、一定量のわらを用いて、手こぎ作業に要する時間を通常作業型（A-3 型）と比較した。

３）最終試作機の実用性確認試験結果

確認試験の結果、いずれの試作機も基準距離（フィードチェーンが噛み込み点から最前列のこぎ歯までの距離）以内に停止することを確認した（表４）。また、緊急停止ボタン操作後の復帰操作の手順が異なっても、初期状態に復帰することを確認した。

被験者からの評価では､手こぎ作業時にフィードチェーン速度が低下する機能については､「手こぎ作業時に機械に追い立てられるような切迫感が和らいだ」、「万一、巻き込まれたときでも緊急停止ボタンを押せる可能性が増す」といった評価を得た。また、A-3～C-3 型について、こぎ胴カバーあるいは挟やく桿の開放機能は、挟まれた手腕部を抜くために有効であると評価された。片手作業型の C-3 型については、イネ載せバーに対して「フィードチェーンに手を届きにくくするガードの効果が期待できる」との評価が得られた。両手操作型の D-3 型については、基本的に手が巻き込まれる危険性がないことから、安全性についての評価は４機種のうちで最も高かった。一方、片手作業型および両手操作型は、従来の手こぎ作業よりも多少なりとも作業性が低下することが懸念されることから、これを嫌うユーザーによって開発装置を無効化して使用されることが推測された。そのため、装置の一部を取り外すなどの安全機能の無効化がなされた場合は、エンジンの起動が不可能になるなどの対策を講じる必要があると判断された。

D-3 型と通常作業型の A-3 型で同量のイネで手こぎ作業を行ったところ、D-3 型の作業能率は A-3 型の 80%程度であった。

表４　最終試作機のフィードチェーン停止距離

	A-3 型	B-3 型	C-3 型	D-3 型
基準距離（mm）	250	240	283	480
停止距離（mm）	100	146	67	266
フィードチェーン搬送速度（m/s）	0.43	0.65	0.33	0.44

４）実用化にあたっての要件

最終試作機は概ね狙いどおりの機能を満たしていることが確認されたが、実用化にあたっては、さらにコスト面や作業性について検討が加えられる見通しであり、市販機での操作方式等が最終試作機とは異なる可能性がある。そこで、手こぎ部の緊急即時停止装置が有するべき要件を表５のとおりまとめ、市販時にはこれら要件を満たした装置を搭載することとした。

なお、本開発装置は、2014 年度以降、各参画企業より対応可能な新機種から標準装備される予定である。

表５　手こぎ部の緊急即時停止装置として満たすべき要件

- フィードチェーン停止距離は、噛み込み点からこぎ胴最前列こぎ歯前端までの距離よりも短いこと。
- 従来通りの手こぎ方法を行う場合は、緊急停止ボタンの操作により、フィードチェーンが速やかに停止するとともに、こぎ胴カバーあるいは挟やく桿が開放する機能を有すること。それ以外の方法とする場合は、手が巻き込まれる恐れがなく手こぎ作業ができる方法とすること。
- 手が巻き込まれる恐れがない手こぎ作業方法である場合、操作ボタン等から手を離したときも、フィードチェーンが上記条件を満たすよう、速やかに停止すること。
- 手こぎ作業時は、刈り取り時よりもフィードチェーン速度が下がる構造であり、原則として、それ以外の状態では手こぎ作業ができない構造であること。
- 手が巻き込まれる恐れがない手こぎ作業方法、および手こぎ作業時にフィードチェーン速度が低下する機能は、無効化されないよう対策を図ること。
- 緊急停止ボタンは、NC 接点とし、解除操作をしないと復帰しない構造であること。
- 緊急停止ボタンの背景は黄色とすること（JIS B 9703:2000（ISO13850）への準拠)。
- 緊急停止ボタンは、ボタンの上端が地上高 1700㎜以下となるよう配置すること。

５．謝辞

最終試作機の機能確認試験では、埼玉県農業大学校にご協力を賜った。記して感謝の意を表する。また、安全性向上とコスト抑制の両立という難題に直面しながらも、実用的な装置開発に積極的に取り組んで頂いた参画企業各社に特段の謝意を表する。

６．参考文献

１）志藤博克ら：自脱コンバインの手こぎ部の緊急即時停止装置の開発、農業機械の安全性に関する研究（第 32 報)、平成 23 年度試験研究成績 55-66、生研センター、2011.5
２）志藤博克ら：自脱コンバインの手こぎ部の緊急即時停止装置の開発、農業機械の安全性に関する研究（第 33 報)、平成 24 年度試験研究成績 43-50、生研センター、2012.6
３）JIS B 9703:2000（ISO 13850:2006)「機械類の安全性 ― 非常停止 ― 設計原則」

本報告の取扱いについて

本報告の全部又は一部を無断で転載・複製（コピー）することを禁じます。
転載・複製に当たっては必ず当センターの許諾を得て下さい。

（お問合せ先：企画部 機械化情報課）

平成２５年度　試験研究成績
２５－１　農業機械の安全性に関する研究（第３４報）
頒布価格：本体価格 325 円＋消費税

独立行政法人　農業・食品産業技術総合研究機構
生物系特定産業技術研究支援センター
農　業　機　械　化　研　究　所
http://www.naro.affrc.go.jp/brain/iam/index.html

〒331-8537　埼玉県さいたま市北区日進町 1-40-2
Tel. 048-654-7000（代）

印刷・発行　平成 26 年 6 月 13 日